

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства



**02-03-24М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни  
«Технічна експлуатація автомобілів»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт»  
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»  
денної та заочної форм навчання

## **ЧАСТИНА 1**

Рекомендовано науково-методичною  
радою з якості ННМІ  
Протокол № 8 від 16 березня 2021 р.

Рівне – 2021

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Марчук М. М., Ігнатюк Р. М., Морозюк С. В. – Рівне : НУВГП, 2021. – 32 с.

Укладачі:

Марчук М. М. – к.т.н., професор кафедри автомобілів та автомобільного господарства;

Ігнатюк Р. М. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства;

Морозюк С. В. – старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри автомобілів та автомобільного господарства

Протокол від 08. 12. 2020 р. №5

В. о. завідувача кафедри автомобілів

та автомобільного господарства \_\_\_\_\_ Пікула М. В.

Керівник групи забезпечення спеціальності

274 «Автомобільний транспорт» \_\_\_\_\_ Морозов Ю. В.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННМІ

Протокол №8 від 16 березня 2021р.

Голова науково-методичної ради

з якості ННМІ \_\_\_\_\_ Марчук М. М.

© М. М. Марчук,  
Р. М. Ігнатюк,  
С. В. Морозюк,  
© НУВГП, 2021

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| <i>Практична робота № 1. Визначення оцінки ефективності технічної експлуатації автомобілів.....</i>  | 4  |
| <i>Практична робота № 2. Теоретичні аспекти зміни показника якості автомобіля в залежності від терміну експлуатації.....</i>                           | 5  |
| <i>Практична робота № 3. Визначення ресурсу вузлів автомобіля на основі закономірностей випадкових процесів зміни технічного стану.....</i>            | 10 |
| <i>Практична робота № 4. Визначення можливої кількості заміन деталей автомобіля на основі ведучої функції потоку відмов (функції відновлення).....</i> | 12 |
| <i>Практична робота № 5. Визначення технічного стану автомобіля на основі методів прогнозування відмов.....</i>  | 14 |
| <i>Практична робота № 6. Визначення технічного стану автомобіля на основі методу прогнозування по зміні параметрів.....</i>                            | 16 |
| <i>Практична робота № 7. Вплив показників надійності на коефіцієнт технічної готовності автомобіля.</i>  | 18 |
| <i>Додатки .....</i>   | 21 |
| <i>Список рекомендованої літератури .....</i>  | 32 |

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

**Тема:** Виконання оцінки ефективності технічної експлуатації автомобілів.

### *Теоретичні відомості.*

В процесі використання автомобіль з певною ймовірністю може знаходитись в декількох станах (табл. 1.1), які оцінюються за цикл відповідними коефіцієнтами. Під циклом розуміється ресурс (напрацювання) автомобіля до капітального ремонту ( $L_K$ ) або між капітальними ремонтами ( $\eta \cdot L_p$ ) або повний ресурс до списання  $L_a$ .

Таблиця 1.1

Формули для визначення ймовірності різних станів автомобіля

| № з/п | Стан  | Тривалість перебування в стані, дні | Ймовірність стану (коефіцієнти)      |
|-------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1     | Справний, працює (в експлуатації)                                 | $D_e$                               | $\alpha_e = D_e / D_u$               |
| 2     | Справний, простоє в очікуванні роботи (неробочі дні, немає водія) | $D_n$                               | $\alpha_n = D_n / D_u$               |
| 3     | Несправний (ремонт, ТО, очікування ремонту)                       | $D_p$                               | $\alpha_p = D_p / D_u$               |
| 4     | Всі стани – повний цикл   | $D_u = D_e + D_n + D_p$             | $\alpha_e + \alpha_n + \alpha_p = 1$ |

Коефіцієнт випуску  $\alpha_e$  – це відношення кількості днів знаходження автомобіля в експлуатації до календарної кількості днів за цей період, або частку календарного часу, протягом якого автомобіль виконував транспортну роботу.

Для кожного автомобіля цей показник визначається виразом:

$$\alpha_e = \frac{D_e}{D_e + D_p + D_n} = \frac{D_e}{D_u} \quad (1.1)$$

При визначенні коефіцієнту випуску  $\alpha_e$  для всього парку автомобілів використовуються відповідні автомобіле-дні:

$$\alpha_e = \frac{AD_e}{AD_e + AD_p + AD_n} = \frac{AD_e}{AD_u} \quad (1.2)$$

Коефіцієнт технічної готовності  $\alpha_T$  визначає частку календарного часу, протягом якого автомобіль (або парк автомобілів) знаходиться в працездатному стані й може виконувати транспортну роботу. Він виражається через відношення кількості днів  $D_e$ , або автомобіле-днів

Ад<sub>е</sub> експлуатації до суми кількості днів в експлуатації та днів простою Д<sub>р</sub> на ТО і ремонт:

$$\alpha_m = \frac{D_e}{D_e + D_p} \quad (1.3)$$

$$\alpha_m = \frac{AD_e}{AD_e + AD_p} \quad (1.4)$$

Коефіцієнт технічної готовності є одним з показників, що характеризують працездатність автомобіля та парків.

Розглянемо співвідношення

$$\frac{\alpha_e}{\alpha_m} = \frac{D_e + D_p}{D_e + D_p + D_n} = \frac{D_u - D_n}{D_u} = 1 - \frac{D_n}{D_u} = 1 - \alpha_n \quad (1.5)$$

Таким чином, коефіцієнт випуску безпосередньо залежить від коефіцієнту технічної готовності та коефіцієнту неробочих днів.

Відповідно до вихідних даних (додаток 1) виконати оцінку ефективності технічної експлуатації автомобілів АТП за комплексними показниками, а саме:

1. Розрахувати помісячне значення коефіцієнту випуску  $\alpha_v$ , коефіцієнту неробочих днів  $\alpha_n$  та коефіцієнту технічної готовності  $\alpha_m$ .
2. Побудувати графічні залежності зміни комплексних показників.
3. Провести перевірку отриманих значень згідно залежності (1.5).
4. Виконати розрахунок річних значень комплексних показників, зробити висновки щодо ефективності технічної експлуатації автомобілів АТП.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

**Тема:** Теоретичні аспекти зміни показника якості автомобіля в залежності від терміну експлуатації.

### *Теоретичні відомості*

Більшість задач, які вирішуються технічною експлуатацією, пов'язані з поняттям якості виробу або матеріалу, тобто автомобіля, агрегату, деталі, технологічного обладнання, експлуатаційних матеріалів при їхньому функціонуванні або використанні в певних умовах експлуатації. Якість – це сукупність властивостей, які визначають ступінь придатності автомобіля, агрегату, матеріалу до виконання заданих функцій при використанні їх за призначенням. Кожна властивість характеризується одним або декількома показниками, які можуть приймати різні кількісні значення (рис. 2.1).

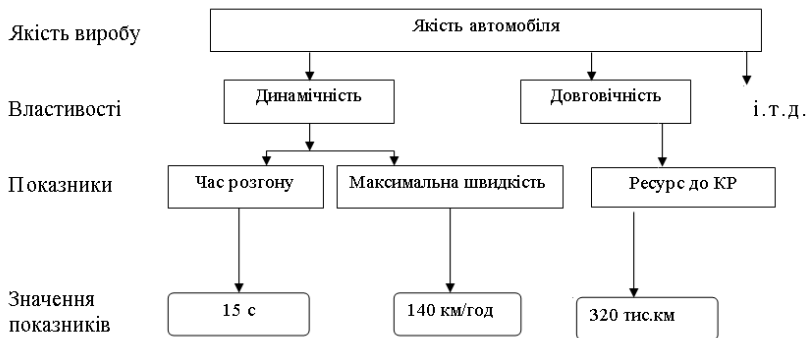


Рис. 2.1. Структура поняття якості

Наприклад, одним з показників довговічності автомобіля є ресурс до капітального ремонту, що становить для автомобіля «МЕРСЕДЕС АКТРОС» 1200 тис. км. Слід зазначити, що група властивостей може об'єднуватися в одну комплексну властивість. Наприклад, надійність представляє складну властивість, яка формується із таких властивостей як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

Частина показників властивостей автомобіля, наприклад габаритні розміри, вантажопід'ємність або місткість, залишаються практично незмінними протягом усього періоду експлуатації. Однак показники більшості властивостей, що визначають якість автомобілів, наприклад економічності, безпека, динамічність, продуктивність, комфортабельність, змінюються в процесі роботи (старіння) автомобілів (табл. 2.1).

Дані властивості можна підтримувати й відновлювати, тобто управляти ними за умови розуміння закономірностей їх зміни.

Таблиця 2.1

Зміна основних показників якості автомобіля середньої вантажопідйомності

| Термін роботи, роки | Річна продуктивність, % | Трудомісткість підтримки в справному стані, % |
|---------------------|-------------------------|---|
| 1                   | 100 (умовно)            |   |
| 4                   | 75-80                   | 160-170                                       |
| 8                   | 55-60                   | 200-215                                       |
| 12                  | 45-50                   | 280-300                                       |

Автомобіль становить собою складну систему, сукупність діючих елементів – збірних одиниць і деталей, що забезпечують виконання її функцій. По відношенню до автомобіля елементами являються агрегати і вузли та механізми, а стосовно останніх – деталі. Автомобіль, агрегат, механізм, деталь можуть об'єднуватися загальним поняттям – об'єкт або виріб. Сучасний автомобіль складається із 15÷20 тис. деталей, з яких 79 тис. втрачають свої первинні властивості при роботі, причому близько 3÷4 тис. деталей мають термін служби менше, ніж автомобіль вцілому. З них 80÷100 деталей впливають на безпеку руху, а 150÷300 деталей «критичних» по надійності частіше інших вимагають заміни, викликають найбільший простій автомобілів, трудові і матеріальні затрати в експлуатації. Дві останні групи деталей являють собою головний об'єкт уваги технічної експлуатації, а також виробництва і постачання. У сучасних автомобілів на 2÷3% номенклатури запасних частин припадає 40÷50% загальної вартості всіх запасних частин, на 8÷10 - 80÷90% і на 20÷25 – 96÷98 %. Звідси випливає важливість інформації про об'єкти, від яких залежить технічний стан автомобіля. В процесі експлуатації автомобіль взаємодіє з навколишнім середовищем, а його елементи взаємодіють між собою. Така взаємодія викликає навантаження деталей, їх взаємні переміщення, які в свою чергу, викликають тертя, нагрів, хімічні й інші перетворення і, як наслідок, зміну в процесі роботи фізико-хімічних властивостей і конструктивних параметрів стану поверхонь, розмірів деталей та їх взаємне розташування, величину зазорів, електричних й інших властивостей. Технічний стан автомобіля або його елемента визначається сукупністю змінних властивостей, які характеризуються поточними значеннями  $y_1, y_2, y_3, y_n$ , тобто кількісними показниками конструктивних параметрів. Наприклад, для двигуна це розміри деталей циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму, для гальм – розміри гальмівних накладок, барабанів і проміжки між ними.

Можливість безпосереднього вимірювання конструктивних параметрів без часткового або повного розбирання вузла найчастіше обмежена. Для таких виробів при визначенні технічного стану користуються побічними величинами, які називаються **зовнішніми** або **діагностичними** параметрами, котрі пов'язані з конструктивними і несуть про них певну інформацію. Наприклад, про технічний стан двигуна можна судити по зміні його потужності, витраті масла, компресії, вмісту продуктів зношування в маслі.

Розрізняють параметри вихідних робочих процесів, що визначають основні функціональні властивості автомобіля або агрегату (потужність двигуна, гальмівний шлях автомобіля); параметри *супутніх* процесів (температура нагрівання, рівень вібрації, вміст продуктів зношування в оливі); *геометричні (конструктивні)* параметри, що визначають зв'язки між деталями в складальній одиниці й між окремими агрегатами та механізмами (проміжки, хід, посадка та ін.).

У процесі роботи автомобіля показники його технічного стану змінюються від *початкових* або *номінальних* значень  $y_n$  спочатку, до гранично допустимих  $y_{zd}$ , а потім і до граничних  $y_r$ , які обумовлюють відповідну зміну і діагностичних параметрів від  $s_n$  до  $s_{zd}$  і  $s_r$ . Значення  $y_{zd}$  і  $s_r$  відповідають граничному стану виробу, при котрім його подальше застосування за призначенням неприпустиме або недоцільне. Наприклад, при роботі гальм, у результаті зношування гальмівних накладок і барабанів, відбувається збільшення проміжку  $u$  між накладками і гальмівними барабанами, що викликає збільшення гальмівного шляху  $s_m$  (рис. 2.2).

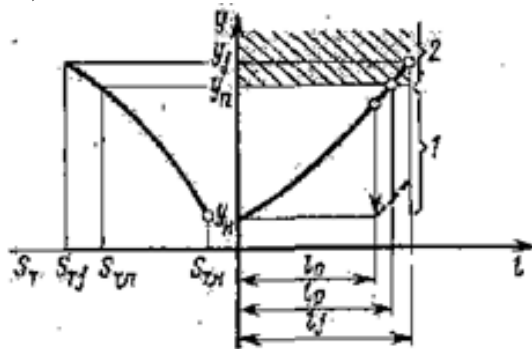


Рис. 2. 2. Зміна показника технічного стану  $y$  і діагностичного параметра  $s_T$  залежно від пробігу: 1 – зона працездатності; 2 – зона відмови;  $l_0$  – оптимальна періодичність регулювання

Граничному значенню гальмівного шляху  $s_{TT}$ , який регламентований технічною документацією (в даному випадку Правилами дорожнього руху), відповідає граничне значення проміжку  $u_z$  в гальмівному механізмі. Цьому зазору, у свою чергу, відповідає пробіг  $l_p$ , при якому зазор і гальмівний шлях досягають граничного значення. Тривалість роботи виробу, яка вимірюється в годинах або кілометрах пробігу, а в ряді випадків в одиницях виконаної роботи, називається напра-



цюванням. Напрацювання до граничного стану, обумовлене технічною документацією, називається ресурсом. Таким чином, у наведеному прикладі  $l_p$  – це ресурс, в інтервалі пробігу  $0 \leq l_i \leq l_p$  (зона працездатності), де виріб за даним показником справний і може виконувати свої функції. Якщо виріб задовольняє вимогам нормативно-технічної документації за всіма показниками, то він вважається справним. Якщо параметри виробу, які характеризують його здатність виконувати задані функції, відповідають встановленим вимогам нормативно-технічної документації, то він вважається працездатним. Звідси випливає, що коли автомобіль може виконувати свої основні функції, але не відповідає всім вимогам технічної документації (наприклад, деформоване крило), він працездатний, але несправний. Якщо продовжувати експлуатувати автомобіль за межами  $l_i$  (наприклад, до  $l_p$ ), то настане відмова, тобто подія, яка характеризується порушенням працездатності. При цьому припиняється транспортний процес (зупинка на лінії, передчасне повернення з лінії).

Роль гранично допустимого значення параметра полягає в тому, щоб вчасно інформувати (попередити) про наближення моменту відмови, для прийняття відповідних технічних заходів, які будуть розглянуті в подальшому. Показники якості автомобіля, агрегату, деталі погіршуються із збільшенням пробігу. Однак сферу експлуатації цікавлять не тільки початкові значення показників властивостей, що характеризують якість автомобіля, але й характер зміни їх протягом усього періоду експлуатації. Для ряду показників, наприклад продуктивності, працездатності, напрацювання на відмову, характерна зміна від часу експлуатації або пробігу автомобіля по експоненційній залежності

$$P_k(t) = P_{k1} \exp[-k(t - 1)] \quad (2.1)$$

де  $P_k(t)$ ,  $P_{k1}$  – показники якості на  $t$ -му і першому році експлуатації;  $k$  – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність зміни показника якості за часом (пробігу);  $t$  – тривалість експлуатації.

$$k = \frac{L_{pi}}{L_{p1}} \quad (2.2)$$

де  $L_{pi}$ ,  $L_{p1}$  – пробіг автомобіля на  $i$ -му і першому році експлуатації.

На основі звітних даних відділу головного механіка (додаток 2) встановлена зміна продуктивності рухомого складу АТП (річний пробіг  $L_{pt}$ ). Відповідно до варіанту визначити коефіцієнт (формула 2.2), який характеризує інтенсивність зміни показника якості за пробігом по роках та побудувати графічну залежність даного коефіцієнта від

терміну експлуатації автомобіля. Внести дані згідно варіанту в таблицю 2.1. За результатами проведених розрахунків та графіка зробити висновки щодо інтенсивності зміни експлуатаційних властивостей автомобіля та доцільності подальшої його експлуатації.

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

**Тема:** Визначення ресурсу вузлів автомобіля на основі закономірностей випадкових процесів зміни технічного стану.

#### *Теоретичні відомості*

Під впливом умов експлуатації, кваліфікації персоналу, неоднорідності самих виробів та їх початкового стану й інших факторів, інтенсивність і характер зміни параметру технічного стану в різних виробів (автомобілів) буде різною. Якщо зафіксувати значення параметру вузла на певному рівні, то момент досягнення даного параметра (наприклад, пробігу) у різних автомобілів буде різним, тобто напрацювання на відмову буде випадковою величиною і матиме варіацію. В даному випадку виникає питання, як встановити момент контролю й обслуговування вузла чи автомобіля в цілому?

Якщо зафіксувати певне напрацювання до моменту контролю й обслуговування автомобіля, то неминуха варіація трудомісткості і тривалості виконання робіт по відновленню технічного стану. Тому, важливо знати, яку трудомісткість і тривалість потрібно враховувати при організації робіт ТО. Очевидно, що рішення даного питання багато в чому залежить від варіації випадкової величини.

Однією з важливих характеристик випадкової величини служить ймовірність – чисельна міра ступеня об'єктивно існуючої можливості появи події, яка вивчається. Зазвичай, ймовірність позначається буквою  $P$  ( $P$ -probability-ймовірність). Статистично ймовірність події  $A$  представляє собою відношення числа випадків, які сприяють даній події  $n(A)$  до загального числа випадків  $n$ . Ймовірність може приймати наступні значення:  $0 \leq P \leq 1$ . Події, для яких  $P=1$  називаються достовірними, для яких  $P=0$  – малоймовірними.

Ймовірність безвідмовної роботи  $R(x)$  – ( $R$  - reliability-безвідмовність) визначається числом випадків безвідмовної роботи виробу за напрацювання  $x$  до загального числа випадків:

$$R(x) = \frac{n-m(x)}{n} = 1 - \frac{m(x)}{n}, \quad (3.1)$$

де  $m(x)$  – число виробів, що відмовили до моменту напрацювання  $x$ .

Ймовірність відмови  $F(x)$  є подією, яка протилежна ймовірності безвідмовної роботи, тому

$$F(x) = 1 - R(x) = \frac{m(x)}{n} \quad (3.2)$$

Графічне зображення ймовірностей безвідмовної роботи та відмови представлено на рис. 3.1.

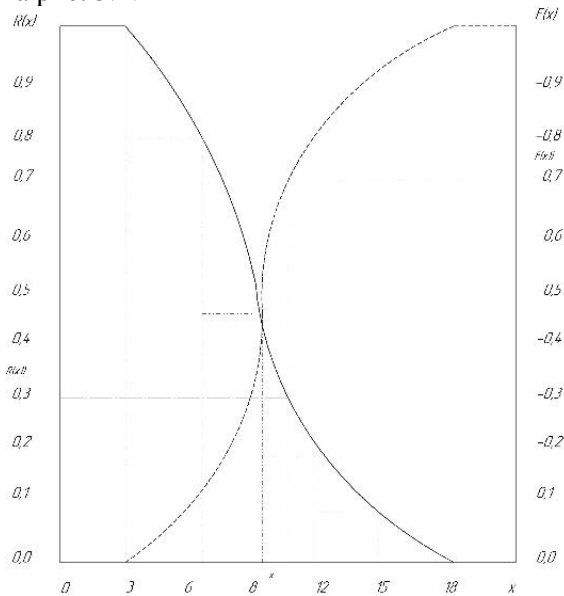


Рис. 3.1.– Ймовірність безвідмовної роботи  $R$  і відмови  $F$ :  
 $x$  - напрацювання до відмови, тис. км

Маючи значення  $F(x)$  або  $R(x)$ , можна вирішувати наступні практичні задачі.

Якщо  $X_\gamma$  – це задане напрацювання агрегату або деталі, а  $x_i$  – напрацювання до відмови, то ймовірність події  $P(x_i > X_\gamma) = R(x) = \gamma$  означає, що з ймовірністю  $P = \gamma$  виріб пропрацює без відмови більше напрацювання  $X_\gamma$ .

Це напрацювання називається гамма-процентним ресурсом. Звичай,  $\gamma$  приймається рівною 0,8 (80%), 0,85 (85%), 0,9 (90%), 0,95 (95%). Вираз  $P(x_i \leq X_\gamma) = F(x) = 1 - \gamma$  означає, що з ймовірністю  $F(x)$  виріб відмовить при напрацюванні, яке менше або рівне  $X_\gamma$ .

Якщо випадковою величиною є тривалість виконання будь-якої операції ТО чи ремонту, яка також є випадковою величиною, то вираз  $P(x_i \leq X_\gamma) = F(x) = 1 - \gamma$  означає, що у  $(1-\gamma)$  випадків дана операція

буде виконана за час, менший  $X\gamma$ , а в  $\gamma$  випадків потрібний час більший  $X\gamma$ .

Згідно даних, наведених в додатку 3 виконати відповідні розрахунки ймовірності безвідмовної роботи  $R$  (залежність 3.1) і відмови деталей  $F$  (залежність 3.2) автомобілів в інтервалі пробігу  $x_1 - x_8$ . Отримані результати привести в графічній формі.

Порядок розрахунку

1. За залежністю 3.1 виконуємо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи  $R$  за вказаними інтервалами пробігу.
2. За отриманими результатами будуємо графічну залежність ймовірності безвідмовної роботи  $R$  від напрацювання  $x$ .
3. За залежністю 3.2 виконуємо розрахунок відмови  $F$  за вказаними інтервалами пробігу.
4. За отриманими результатами будуємо графічну залежність відмови  $F$  від напрацювання  $x$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

**Тема:** Визначення можливої кількості замін деталей автомобіля на основі ведучої функції потоку відмов (функції відновлення).

### *Теоретичні відомості.*

Ведуча функція потоку відмов  $\Omega(x)$  визначає накопичену кількість перших і наступних відмов виробу до моменту (напрацювання) ( $x$ ). Як впливає з рис. 4.1, внаслідок варіації напрацювань на відмови відбувається їх зміщення, а функції ймовірностей перших і наступних відмов  $F_1, F_2, \dots, F_k$  частково накладаються одна на одну.

Тому, якщо ймовірна кількість відмов, наприклад, до пробігу  $x_1$  (див. рис. 4.1) визначається як  $\Omega(x_1) = F_1(x_1)$ , то для моменту  $x_2$  визначається сумуванням ймовірностей першої  $F_1(x_1)$  і другої  $F_1(x_2)$  відмов.

Тому,  $\Omega(x_2) = F_1(x_2) + F_2(x_2)$ , а в загальному вигляді:

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x) \quad (4.1)$$

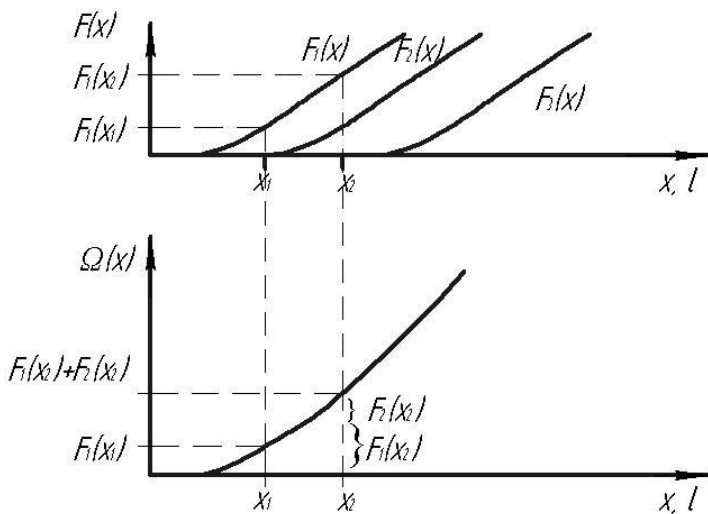


Рис. 4.1. Визначення ведучої функції потоку відмов

Для нормального закону розподілу ймовірних відмов ведуча функція має вигляд:

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x) = \sum_k^{\infty} \Phi\left(\frac{x-k \cdot \eta \cdot \bar{x}_1}{\sigma \cdot k}\right) \quad (4.2)$$

де  $\Phi(z)$  - нормована функція (див. практ. роб. № 3), для  $z = \frac{x-k \cdot \eta \cdot \bar{x}_1}{\sigma \cdot \sqrt{k}}$ ;  $k$  - кількість відмов (замін);  $\eta$  - коефіцієнт відновлення ресурсу;  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення випадкової величини.

Відповідно до вихідних даних додатку 4.1 та додатку 4.2 визначити можливе число замін деталей при заданому пробігу автомобіля.

При розрахунку гарантованих запасів необхідна інтервальна оцінка ведучої функції параметру потоку відмов (для достатньо великих значень  $x$ ):

$$\frac{x}{\eta \cdot \bar{x}_1} - Z_{\alpha} \frac{\sigma \cdot \sqrt{x}}{(\eta \cdot \bar{x}_1)^{\frac{3}{2}}} < \Omega(x) < \frac{x}{\eta \cdot \bar{x}_1} + Z_{\alpha} \frac{\sigma \cdot \sqrt{x}}{(\eta \cdot \bar{x}_1)^{\frac{3}{2}}} \quad (4.3)$$

де  $Z_{\alpha}$  - нормоване відхилення для нормального закону розподілу за умови, що кількість відмов (замін) із ймовірністю  $(1-\alpha)$  буде знаходитись в заданих межах.

Визначити для умов попередньої задачі із заданою достовірністю  $1-\alpha$  (додаток 4.3) необхідне число деталей за заданий пробіг автомобіля.

## **Практична робота №5**

**Тема:** Визначення технічного стану автомобіля на основі методів прогнозування відмов.

### **Теоретичні відомості.**

Важлива роль в удосконаленні управління надійністю автомобілів належить розробці і впровадженню методів прогнозування технічного стану вузлів, агрегатів, їх складових.

Щоб досягнути певного рівня надійності автомобіля, потрібно вміти керувати нею. Для цього необхідно вміти прогнозувати (передбачати) відмови, відбраковувати агрегати і вузли для їх подальшого ремонту чи зняття з автомобіля і, таким чином, виключати появу небажаних несправностей під час його роботи. Тому дуже важливо достатньо точно призначати додатковий ресурс, наприклад при постановці автомобіля на капітальний ремонт або при заміні зношеного агрегату. Найбільше розповсюдження отримали три основних методи прогнозування:

- по середньостатистичній зміні параметрів;
- по реалізації (зміні параметрів);
- евристичне прогнозування.

Суть першого методу полягає в тому, що прогнозування ведеться по зміні середньостатистичних значень параметрів для певної групи агрегатів і вузлів. Цей метод використовується у тих випадках, коли відсутні дані про напрацювання окремих агрегатів або не можна застосувати більш точний і досконалий метод (розглянемо останнім).

Евристичні методи ґрунтуються на врахуванні думок (ерудиції, інтуїції) спеціалістів (експертів) в певній області технічних знань. В автотопіприємствах для визначення технічного стану автомобілів і агрегатів наказом створюються спеціальні експертні комісії, які вирішують питання про необхідність або заміни окремих агрегатів, або направлення автомобіля в капітальний ремонт. В склад комісії звичайно входить начальник відділу технічного контролю (ВТК), майстри або контролери ВТК, механіки колон та інші кваліфіковані спеціалісти.

Евристичне прогнозування виключає можливість грубих помилок. Завдяки властивості людського мозку (на відміну від ЕОМ) оперувати нечітко окресленими поняттями, людина інтуїтивно, шляхом порівняння величин і фактів з множини можливих варіантів, відкидаючи другорядне і несуттєве, знаходить головне. Евристичне прогнозування зводиться до усереднення результатів оцінки, які пропонують експерти.

Необхідно спрогнозувати пробіг автомобіля до капітального ремонту і виконати статистичну обробку варіантів експертів по ресурсу.

### Рішення.

Середня експертна оцінка ресурсу (точковий прогноз всіх експертів) визначається по формулі

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(L_{i\max} + L_{i\min})}{2} \quad (5.1)$$

де  $n$  – число експертів (в прикладі  $n=6$ );  $L_{iminimax}$  - прогнозоване максимальне і мінімальне значення пробігу до капітального ремонту, що надається кожним експертом.

Середньоквадратичне відхилення для кожного експерту при такому виді розподілу

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(L_{i\max} - L_{i\min})^2}{12}} \approx 0,29(L_{i\max} - L_{i\min}). \quad (5.2)$$

Середньоквадратичне відхилення для узагальненої думки всіх експертів

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{L}_i - \bar{L})^2}, \quad (5.3)$$

де  $\bar{L}_i$  - середнє значення прогнозу для  $i$ -го експерту.

Ступінь одностайності експертів відносно середньої експертної оцінки характеризується коефіцієнтом варіації:

$$v = \sigma / \bar{L}. \quad (5.4)$$

Компетентність експертів оцінюють по величині  $\frac{\bar{L}_i}{\bar{L}} - 1$ . Якщо отримане значення менше нуля, експерт обережний, більше – експерт сміливий, приблизно дорівнює 0 – об'єктивний, якщо дещо велике - некомпетентний. Результати розрахунків та оцінювання експертів приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Прогнозований ресурс автомобіля до капітального ремонту та результати оцінювання експертів

| Номер експерта | Ресурс, тис.км |            | $\bar{L}_i$ | $\sigma_i$ | $\frac{\bar{L}_i}{\bar{L}} - 1$ | Оцінка |
|----------------|----------------|------------|-------------|------------|---------------------------------|--------|
|                | $L_{imin}$     | $L_{imax}$ |             |            |                                 |        |
| 1              |                |            |             |            |                                 |        |
| ...            |                |            |             |            |                                 |        |
| n              |                |            |             |            |                                 |        |

Відповідно вихідних даних (додаток 5) виконати статистичну обробку експертних даних та оцінити компетентність експертів.

Розраховуємо середню експертну оцінку ресурсу по залежності (5.1).

Визначаємо середньоквадратичне відхилення для кожного експерта зокрема і в цілому по всім експертам (залежності (5.2) і (5.3)).

Визначаємо ступінь однотайності експертів (залежність (5.4)).

По результатам розрахунків складаємо відповідну таблицю та оцінюємо компетентність експертів.

## Практична робота №6

**Тема:** Визначення технічного стану автомобіля на основі методу прогнозування по зміні параметрів.

### Теоретичні відомості.

Метод прогнозування по реалізації (зміні параметрів) ґрунтується на результатах безпосередніх вимірювань того або іншого параметра, який прогнозувався в минулому, або прогнозується в теперішній момент. Знаючи математичну модель зміни прогнозованого параметра в залежності від експлуатаційних факторів (режими роботи агрегатів, дорожні, транспортні і кліматичні умови), можливо розраховувати залишковий ресурс агрегату. Точність прогнозування залежить від того, наскільки правильно і точно математична модель описує поведінку прогнозованого об'єкту. Для отримання математичних моделей потрібне виконання спеціальних досліджень. Не менший вплив на точність прогнозування має і точність параметра, який вимірюється.

Для двигунів вантажних автомобілів вітчизняного виробництва математична модель має вигляд:

$$L_{\text{зал}} = k \cdot \delta_{\text{зал}} = \frac{0,0087S_{\text{п}} \cdot D_{\text{ц}} \cdot \rho \cdot x_{\text{ц}} \cdot V_a}{0,5 \cdot 10^{-4} \frac{i_0 \cdot i_{\text{к}} \cdot V_a}{r_{\text{к}}} - 2,53 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_0^2 \cdot i_{\text{к}}^2 \cdot V_a^2}{r_{\text{к}}^2} + 5,21 \cdot 10^{-10} \frac{i_0^3 \cdot i_{\text{к}}^3 \cdot V_a^3}{r_{\text{к}}^3} + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{r_{\text{к}}}{V_h \cdot i_0 \cdot i_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{тр}} \left( G_a \cdot \psi + \frac{k_v \cdot F \cdot V_a^2}{13} \right)}} \cdot \delta_{\text{зал}} \quad (6.1)$$

де  $k$  - коефіцієнт, який враховує умови експлуатації автомобілів;  $\delta_{\text{зал}}$  - залишкове зношення циліндрів двигуна, мм;  $S_{\text{п}}$  - хід поршня, мм;

$D_{\text{ц}}$  - діаметр циліндра, мм;  $\rho$  - щільність матеріалу гільзи, г/мм<sup>3</sup>;  $x_{\text{ц}}$  - число циліндрів;  $V_a$  - швидкість автомобіля, км/год;  $r_{\text{к}}$  - радіус колеса;  $i_0, i_{\text{к}}$  - передаточні числа головної передачі і коробки передач;  $\eta_{\text{тр}}$  -



к.к.д. трансмісії;  $G_a$ - вага автомобіля, Н;  $\psi$  - сумарний опір дороги;  $k_v \cdot F$  - фактор обтічності автомобіля, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>-2</sup>;  $V_h$ - об'єм циліндрів двигуна.

Для вітчизняного автомобіля середньої вантажопід'ємності при підстановці відповідних чисельних значень в залежність (5) залишковий ресурс двигуна буде визначатися як:

$$L_{\text{зал}} = \frac{5157 \cdot V_a}{6,32 \cdot 10^{-4} i_k \cdot V_a - 40,4 \cdot 10^{-6} i_k^2 \cdot V_a^2 + 1052 \cdot 10^{-9} i_k^3 \cdot V_a^3 + \dots} \cdot \delta_{\text{зал}} \quad (6.2)$$

Результати розрахунків залишкових ресурсів двигуна ( $\delta_{\text{зал}} \cong 0,1\text{мм}$ ) при експлуатації автомобіля з різними навантаженнями і швидкостями приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Оцінка умов експлуатації двигуна та прогноз його ресурсу

| $G_a$ , Н | $\psi$ | $V_a$ , км/год | $i_k$ | Оцінка умов експлуатації | Залишковий ресурс двигуна, км |
|-----------|--------|----------------|-------|--------------------------|-------------------------------|
|           |        |                |       |                          |                               |
|           |        |                |       |                          |                               |
|           |        |                |       |                          |                               |
|           |        |                |       |                          |                               |
|           |        |                |       |                          |                               |
|           |        |                |       |                          |                               |

Відповідно до отриманих даних в залежності від умов експлуатації автомобілів коефіцієнт  $k$  змінюється в межах  $2,70 \cdot 10^5$ - $13,5 \cdot 10^5$ . В легких умовах експлуатації цей коефіцієнт в три - п'ять раз більший ніж у важких.

По аналогічній методиці прогнозуються ресурси і інших агрегатів автомобіля. Для оцінки технічного стану можуть бути вибрані різні критерії. Наприклад, зношення елементів можна контролювати приладом К-69 (по витіканню повітря), по прориву газів в картер двигуна, розміру зазорів в шарнірно-болтових з'єднаннях, витіканню рідини в гідросистемах, по зміні параметрів окремих електричних деталей.

Прогнозування можна вести через періоди  $t_1, t_2, t_3$  (рис.1). При роботі в несприятливих важких умовах пробіг до капітального ремонту складе  $l_{\text{min}}$ , в сприятливих легких -  $l_{\text{max}}$ .

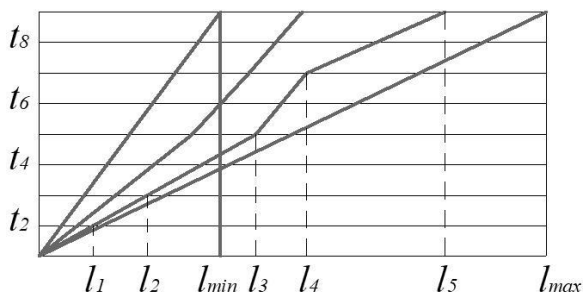


Рис. 1 Схема прогнозування терміну служби двигуна:  
а – важкі умови експлуатації; б – легкі

Розрахувати граничний ресурс двигуна вантажного автомобіля відповідно до вихідних даних (додаток 6). По результатам розрахунків побудувати графічну залежність  $L_{\text{зал}} = f(G_a, \psi, V_a)$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

**Тема:** Вплив показників надійності на коефіцієнт технічної готовності автомобіля.

Розглянемо зв'язок коефіцієнта технічної готовності з показниками надійності й організацією технічного обслуговування та ремонту. Якщо чисельник і знаменник у формулі (1.3) (практична робота № 1) поділити на  $D_e$ , то отримаємо:

$$\alpha_m = \frac{1}{1 + D_p/D_e}, \quad (7.1)$$

або щодо експлуатаційного цикла:

$$\alpha_m = \frac{1}{1 + D_{p.ц.}/D_{e.ц.}}, \quad (7.2)$$

де  $D_{p.ц.}$  - кількість днів простою автомобіля в ремонті за цикл;  $D_{e.ц.}$  - кількість днів експлуатації автомобіля за цикл.

Тривалість експлуатаційного циклу в днях залежить від пробігу, який планується або напрацювання за цикл  $L_K$  і середньодобового пробігу  $l_{сд}$ :

$$D_{e.ц.} = L_K/l_{сд} \quad (7.3)$$

Простій на ТО і ремонт за цикл  $D_{p.ц.}$  складається з простою в капітальному ремонті, якщо він виконується і простою на ТО і ПР

$$D_{p.ц.} = D_{KP} + D_{ПР,ТО} \quad (7.4)$$

Простій в капітальному ремонті зазвичай нормується в календарних днях, а простій в ТО і ПР – у вигляді питомої норми  $d_{ПР}$  в днях на 1000 км пробігу. Таким чином,

$$D_{ПР,ТО} = d_{ПР} L_K / 1000 \quad (7.5)$$

Слід відмітити, що основна частка простоїв (до 85-95 %) припадає на поточний ремонт в АТП. Тому скорочення простоїв в ремонті в АТП є головним резервом збільшення  $\alpha_v$  і  $\alpha_m$ .

Продовжимо аналіз коефіцієнта технічної готовності й розглянемо наступний вираз:

$$\frac{D_{p.ц.}}{D_{e.ц.}} = \frac{D_{p.ц.} l_{cd}}{L_K} = B_p l_{cd}, \quad (7.6)$$

де  $B_p = D_{p.ц.} / L_K$  простої автомобіля у всіх видах ТО і ремонту за рахунок робочого часу, дні/1000 км.

В даному випадку:

$$\alpha_m = \frac{1}{1 + B_p l_{cd}} = \frac{1}{1 + B_p T_n v_e}, \quad (7.7)$$

де  $v_e$  - експлуатаційна швидкість, км/год;  $T_n$  - тривалість робочої зміни (або часу в наряді), год.

Вплив простоїв в ремонті, середньодобового пробігу  $B_p$  і середньодобового пробігу на  $\alpha_m$  наведений на рис. 7.1.

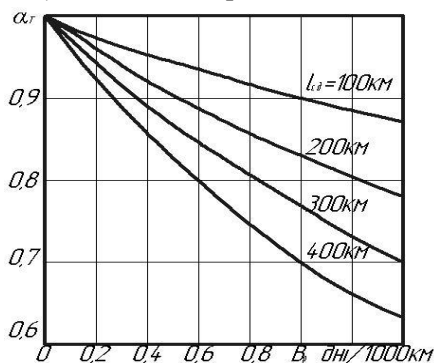


Рис. 7.1. Вплив простоїв в ремонті і середньодобового пробігу на коефіцієнт технічної готовності

Необхідно відмітити, що зі збільшенням пробігу автомобіля з початку експлуатації (із його старінням) простої в ремонті зростають, а коефіцієнт технічної готовності зменшується (рис. 7.2).

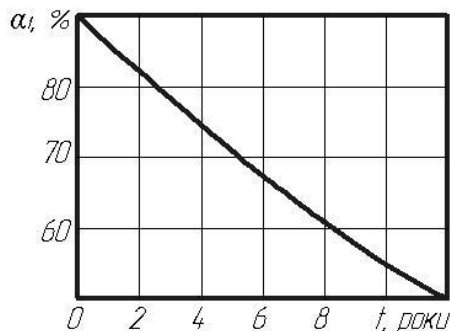


Рис. 7.2. Вплив терміну служби автомобіля з початку експлуатації на коефіцієнт технічної готовності

На простої при усуненні несправностей та, як наслідок, на  $\alpha_m$  впливають також умови експлуатації, рівень організації ТО і ремонту, кваліфікація персоналу й інші фактори.

Відповідно до розрахованих значень коефіцієнта технічної готовності  $\alpha_t$  (практична робота № 1) визначити за залежністю (7.7) помісячний питомий простій автомобіля в ремонті  $V_p$  при значеннях середньодобового пробігу  $l_{сд}$ : 100, 200, 300, 400 км. Побудувати графічні залежності зміни питомого простою від коефіцієнта технічної готовності, зробити відповідні висновки щодо надійності автомобіля.

# ДОДАТКИ

Додаток 1

| Варіант 1 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 13     | 15 | 14 | 14 | 9  | 21 | 23 | 25 | 20 | 15 | 9  | 12 |
| $D_n$     | 12     | 8  | 10 | 12 | 13 | 8  | 5  | 4  | 4  | 7  | 8  | 9  |
| $D_p$     | 6      | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 2 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 12     | 11 | 18 | 20 | 18 | 23 | 22 | 26 | 21 | 20 | 13 | 20 |
| $D_n$     | 7      | 6  | 2  | 5  | 9  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  |
| $D_p$     | 12     | 10 | 11 | 5  | 4  | 6  | 7  | 3  | 8  | 11 | 14 | 10 |
| Варіант 3 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 14     | 16 | 22 | 21 | 24 | 23 | 26 | 27 | 19 | 18 | 23 | 20 |
| $D_n$     | 9      | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 3  | 2  | 4  | 6  | 2  | 2  |
| $D_p$     | 8      | 10 | 5  | 5  | 3  | 6  | 2  | 2  | 7  | 7  | 5  | 9  |
| Варіант 4 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 19     | 12 | 23 | 20 | 22 | 24 | 26 | 24 | 15 | 23 | 19 | 20 |
| $D_n$     | 11     | 3  | 6  | 9  | 5  | 3  | 3  | 1  | 8  | 3  | 2  | 1  |
| $D_p$     | 1      | 12 | 2  | 1  | 4  | 3  | 2  | 6  | 7  | 5  | 9  | 10 |
| Варіант 5 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 14     | 16 | 19 | 24 | 19 | 27 | 25 | 26 | 22 | 16 | 15 | 20 |
| $D_n$     | 11     | 6  | 4  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 6  | 2  | 1  |
| $D_p$     | 6      | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 6 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні       | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|           | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$     | 21     | 23 | 24 | 25 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 10 | 9  | 7  |
| $D_n$     | 5      | 2  | 3  | 2  | 4  | 6  | 4  | 4  | 3  | 16 | 20 | 19 |
| $D_p$     | 5      | 2  | 4  | 3  | 6  | 2  | 4  | 3  | 2  | 5  | 2  | 5  |

| Варіант 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 24 | 21 | 22 | 25 | 26 | 28 | 25 | 28 | 24 | 21 | 19 | 18 |
| $D_n$      | 3  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 4  | 5  | 6  |
| $D_p$      | 4  | 4  | 5  | 1  | 4  | 1  | 4  | 2  | 4  | 6  | 6  | 7  |
| Варіант 8  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 10 | 20 | 11 | 12 | 13 | 22 | 27 | 28 | 28 | 11 | 10 | 24 |
| $D_n$      | 12 | 3  | 14 | 13 | 12 | 3  | 2  | 1  | 1  | 17 | 18 | 1  |
| $D_p$      | 9  | 5  | 6  | 4  | 6  | 5  | 2  | 2  | 1  | 3  | 2  | 6  |
| Варіант 9  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 22 | 21 | 24 | 25 | 22 | 27 | 28 | 20 | 20 | 14 | 23 | 26 |
| $D_n$      | 3  | 2  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | 9  | 4  | 8  | 2  | 2  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 6  | 4  | 5  | 1  | 1  | 2  | 6  | 9  | 5  | 3  |
| Варіант 10 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 9  | 5  | 23 | 27 | 28 | 27 | 26 | 22 | 25 | 11 | 10 | 9  |
| $D_n$      | 12 | 14 | 2  | 2  | 1  | 2  | 3  | 5  | 3  | 14 | 11 | 16 |
| $D_p$      | 10 | 8  | 6  | 1  | 2  | 1  | 2  | 4  | 2  | 5  | 9  | 6  |
| Варіант 11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 26 | 23 | 26 | 12 | 14 | 17 | 18 | 11 | 10 | 25 | 26 | 27 |
| $D_n$      | 1  | 2  | 3  | 1  | 2  | 3  | 2  | 1  | 4  | 2  | 3  | 2  |
| $D_p$      | 4  | 2  | 2  | 17 | 15 | 10 | 11 | 13 | 16 | 4  | 1  | 2  |
| Варіант 12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 22 | 24 | 25 | 26 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 11 | 9  | 8  |
| $D_n$      | 5  | 2  | 3  | 2  | 4  | 6  | 4  | 4  | 3  | 16 | 20 | 19 |
| $D_p$      | 4  | 1  | 3  | 2  | 5  | 1  | 3  | 2  | 1  | 4  | 1  | 4  |
| Варіант 13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 12 | 10 | 11 | 13 | 12 | 16 | 15 | 13 | 13 | 14 | 10 | 20 |
| $D_n$      | 13 | 11 | 13 | 13 | 10 | 13 | 13 | 16 | 12 | 8  | 7  | 1  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |

| Варіант 14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 13 | 15 | 14 | 14 | 9  | 21 | 23 | 25 | 20 | 15 | 9  | 12 |
| $D_n$      | 12 | 8  | 10 | 12 | 13 | 8  | 5  | 4  | 4  | 7  | 8  | 9  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 15 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 12 | 11 | 18 | 20 | 18 | 23 | 22 | 26 | 21 | 20 | 13 | 20 |
| $D_n$      | 7  | 6  | 2  | 5  | 9  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  |
| $D_p$      | 12 | 10 | 11 | 5  | 4  | 6  | 7  | 3  | 8  | 11 | 14 | 10 |
| Варіант 16 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 14 | 16 | 22 | 21 | 24 | 23 | 26 | 27 | 19 | 18 | 23 | 20 |
| $D_n$      | 9  | 2  | 4  | 4  | 4  | 1  | 3  | 2  | 4  | 6  | 2  | 2  |
| $D_p$      | 8  | 10 | 5  | 5  | 3  | 6  | 2  | 2  | 7  | 7  | 5  | 9  |
| Варіант 17 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 18 | 22 | 23 | 24 | 20 | 28 | 26 | 27 | 10 | 19 | 10 | 20 |
| $D_n$      | 7  | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | 14 | 3  | 7  | 1  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 18 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 14 | 16 | 19 | 24 | 19 | 27 | 25 | 26 | 22 | 16 | 15 | 20 |
| $D_n$      | 11 | 6  | 4  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 6  | 2  | 1  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 19 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 21 | 23 | 24 | 25 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 10 | 9  | 7  |
| $D_n$      | 5  | 2  | 3  | 2  | 4  | 6  | 4  | 4  | 3  | 16 | 20 | 19 |
| $D_p$      | 5  | 2  | 4  | 3  | 6  | 2  | 4  | 3  | 2  | 5  | 2  | 5  |
| Варіант 20 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 24 | 21 | 22 | 25 | 26 | 28 | 25 | 28 | 24 | 21 | 19 | 18 |
| $D_n$      | 3  | 2  | 4  | 4  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 4  | 5  | 6  |
| $D_p$      | 4  | 4  | 5  | 1  | 4  | 1  | 4  | 2  | 4  | 6  | 6  | 7  |

| Варіант 21 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 20 | 20 | 20 | 21 | 21 | 23 | 24 | 26 | 22 | 20 | 15 | 20 |
| $D_n$      | 5  | 2  | 4  | 5  | 1  | 6  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2  | 1  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 22 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 22 | 21 | 24 | 25 | 22 | 27 | 28 | 20 | 20 | 14 | 23 | 26 |
| $D_n$      | 3  | 2  | 1  | 1  | 4  | 2  | 2  | 9  | 4  | 8  | 2  | 2  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 6  | 4  | 5  | 1  | 1  | 2  | 6  | 9  | 5  | 3  |
| Варіант 23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 12 | 10 | 11 | 13 | 12 | 16 | 15 | 13 | 13 | 14 | 10 | 20 |
| $D_n$      | 13 | 11 | 13 | 13 | 10 | 13 | 13 | 16 | 12 | 8  | 7  | 1  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 24 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 13 | 15 | 14 | 14 | 9  | 21 | 23 | 25 | 20 | 15 | 9  | 12 |
| $D_n$      | 12 | 8  | 10 | 12 | 13 | 8  | 5  | 4  | 4  | 7  | 8  | 9  |
| $D_p$      | 6  | 5  | 7  | 4  | 9  | 1  | 3  | 2  | 6  | 9  | 13 | 10 |
| Варіант 25 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Дні        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| $D_e$      | 12 | 11 | 18 | 20 | 18 | 23 | 22 | 26 | 21 | 20 | 13 | 20 |
| $D_n$      | 7  | 6  | 2  | 5  | 9  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  |
| $D_p$      | 12 | 10 | 11 | 5  | 4  | 6  | 7  | 3  | 8  | 11 | 14 | 10 |



| №<br>вар. | Річний пробіг в<br>перший рік<br>експлуатації<br>$L_{p1}$ , тис км | Річний пробіг $L_{pt}$ , тис. км |     |     |     |      |     |
|-----------|--|----------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|
|           |  | Роки                             |     |     |     |      |     |
|           |  | 2                                | 4   | 6   | 9   | 12   | 15  |
| 1         | 240  | 200                              | 180 | 170 | 120 | 80   | 50  |
| 2         | 190  | 170                              | 160 | 120 | 100 | 90   | 70  |
| 3         | 300  | 260                              | 240 | 200 | 150 | 120  | 100 |
| 4         | 150  | 120                              | 100 | 80  | 60  | 40   | 40  |
| 5         | 200  | 150                              | 100 | 90  | 80  | 70   | 60  |
| 6         | 330  | 300                              | 270 | 240 | 210 | 180  | 110 |
| 7         | 210  | 190                              | 170 | 150 | 130 | 110  | 90  |
| 8         | 140  | 100                              | 80  | 70  | 70  | 50   | 40  |
| 9         | 380  | 340                              | 300 | 260 | 220 | 180  | 120 |
| 10        | 250  | 240                              | 220 | 200 | 180 | 170  | 140 |
| 11        | 130  | 120                              | 110 | 100 | 80  | 60   | 30  |
| 12        | 420  | 360                              | 340 | 250 | 200 | 190  | 120 |
| 13        | 340  | 300                              | 260 | 220 | 190 | 180  | 170 |
| 14        | 100  | 90                               | 60  | 60  | 40  | 30   | 20  |
| 15        | 230  | 220                              | 210 | 200 | 170 | 150  | 130 |
| 16        | 320  | 270                              | 240 | 210 | 190 | 170  | 130 |
| 17        | 400  | 350                              | 300 | 300 | 280 | 270  | 230 |
| 18        | 500  | 490                              | 480 | 470 | 460 | 450  | 440 |
| 19        | 170  | 150                              | 140 | 140 | 120 | 120  | 100 |
| 20        | 350  | 340                              | 300 | 300 | 310 | 290  | 270 |
| 21        | 260  | 230                              | 200 | 190 | 170 | 140  | 120 |
| 22        | 410  | 400                              | 350 | 380 | 380 | 370  | 150 |
| 23        | 600  | 550                              | 510 | 480 | 460 | 430  | 300 |
| 24        | 150  | 140                              | 120 | 100 | 80  | 70   | 50  |
| 25        | 290  | 270                              | 240 | 220 | 200 | 1800 | 140 |

| №<br>вар. | $x_1$    | $x_2$    | $x_3$    | $x_4$    | $x_5$    | $x_6$    | $x_7$    | $x_8$    |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | тис.км   | тис.км   | тис.км   | тис.км   | тис.км   | тис.км   | тис.км   | тис.км   |
|           | $m(x_1)$ | $m(x_2)$ | $m(x_3)$ | $m(x_4)$ | $m(x_5)$ | $m(x_6)$ | $m(x_7)$ | $m(x_8)$ |
|           | $n_1$    | $n_2$    | $n_3$    | $n_4$    | $n_5$    | $n_6$    | $n_7$    | $n_8$    |
| 1         | 2,1      | 2,3      | 2,4      | 2,1      | 2,0      | 2,4      | 2,1      | 2,1      |
|           | 1        | 1        | 4        | 4        | 10       | 9        | 4        | 7        |
|           | 19       | 11       | 17       | 9        | 14       | 12       | 6        | 8        |
| 2         | 2,98     | 2,75     | 3,0      | 2,7      | 3,1      | 2,8      | 2,96     | 3,11     |
|           | 1        | 3        | 6        | 7        | 13       | 10       | 10       | 6        |
|           | 24       | 32       | 27       | 17       | 22       | 14       | 12       | 7        |
| 3         | 3,25     | 3,15     | 3,42     | 3,0      | 3,12     | 3,3      | 3,14     | 3,17     |
|           | 2        | 4        | 7        | 5        | 14       | 10       | 26       | 25       |
|           | 32       | 19       | 21       | 11       | 26       | 15       | 34       | 27       |
| 4         | 3,76     | 3,82     | 3,59     | 3,94     | 3,66     | 3,71     | 3,81     | 3,78     |
|           | 3        | 3        | 4        | 12       | 19       | 12       | 17       | 28       |
|           | 37       | 22       | 14       | 26       | 31       | 16       | 20       | 29       |
| 5         | 4,3      | 4,52     | 4,21     | 4,37     | 4,29     | 4,33     | 4,15     | 4,4      |
|           | 2        | 5        | 8        | 6        | 10       | 21       | 8        | 16       |
|           | 19       | 15       | 21       | 12       | 17       | 30       | 10       | 18       |
| 6         | 4,9      | 4,75     | 4,63     | 5,11     | 4,84     | 4,92     | 4,86     | 4,79     |
|           | 2        | 2        | 2        | 3        | 9        | 14       | 26       | 13       |
|           | 26       | 24       | 12       | 7        | 18       | 21       | 32       | 14       |
| 7         | 5,2      | 5,23     | 5,12     | 5,27     | 4,95     | 5,31     | 5,0      | 5,17     |
|           | 3        | 4        | 3        | 6        | 3        | 13       | 10       | 8        |
|           | 31       | 20       | 10       | 16       | 6        | 21       | 14       | 10       |
| 8         | 5,7      | 5,62     | 5,83     | 5,76     | 5,59     | 5,71     | 5,86     | 5,74     |
|           | 3        | 4        | 12       | 20       | 9        | 15       | 24       | 35       |
|           | 30       | 20       | 40       | 50       | 20       | 30       | 40       | 50       |
| 9         | 6,3      | 6,17     | 6,37     | 6,24     | 6,29     | 6,35     | 6,33     | 6,25     |
|           | 1        | 6        | 2        | 6        | 8        | 15       | 10       | 4        |
|           | 25       | 37       | 8        | 16       | 21       | 34       | 20       | 16       |
| 10        | 4,52     | 4,46     | 4,39     | 4,58     | 4,51     | 4,55     | 4,47     | 4,57     |
|           | 1        | 1        | 4        | 4        | 10       | 9        | 4        | 7        |
|           | 19       | 11       | 17       | 9        | 14       | 12       | 6        | 8        |
| 11        | 5,53     | 5,97     | 5,48     | 5,12     | 5,68     | 5,41     | 5,55     | 5,45     |
|           | 1        | 3        | 6        | 7        | 13       | 10       | 10       | 6        |
|           | 24       | 32       | 27       | 17       | 22       | 14       | 12       | 7        |
| 12        | 6,21     | 5,94     | 6,35     | 6,11     | 6,18     | 5,87     | 6,34     | 6,1      |
|           | 2        | 4        | 7        | 5        | 14       | 10       | 26       | 25       |
|           | 32       | 19       | 21       | 11       | 26       | 15       | 34       | 27       |
| 13        | 6,66     | 6,42     | 6,74     | 6,81     | 6,52     | 6,49     | 6,63     | 6,71     |
|           | 3        | 3        | 4        | 12       | 19       | 12       | 17       | 28       |
|           | 37       | 22       | 14       | 26       | 31       | 16       | 20       | 29       |

## Продовження додатка 3

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14 | 7,31 | 7,25 | 7,37 | 7,20 | 7,33 | 7,27 | 7,34 | 7,32 |
|    | 2    | 5    | 8    | 6    | 10   | 21   | 8    | 16   |
|    | 19   | 15   | 21   | 12   | 17   | 30   | 10   | 18   |
| 15 | 7,82 | 7,77 | 7,59 | 7,94 | 7,90 | 7,79 | 7,80 | 7,76 |
|    | 2    | 2    | 2    | 3    | 9    | 14   | 26   | 13   |
|    | 26   | 24   | 12   | 7    | 18   | 21   | 32   | 14   |
| 16 | 8,42 | 8,36 | 8,47 | 8,41 | 8,39 | 8,45 | 8,40 | 8,35 |
|    | 3    | 4    | 3    | 6    | 3    | 13   | 10   | 8    |
|    | 31   | 20   | 10   | 16   | 6    | 21   | 14   | 10   |
| 17 | 8,84 | 8,78 | 8,81 | 8,80 | 8,85 | 8,79 | 8,83 | 8,86 |
|    | 3    | 4    | 12   | 20   | 9    | 15   | 24   | 35   |
|    | 30   | 20   | 40   | 50   | 20   | 30   | 40   | 50   |
| 18 | 9,27 | 9,18 | 9,20 | 9,24 | 9,29 | 9,19 | 9,23 | 9,26 |
|    | 1    | 6    | 2    | 6    | 8    | 15   | 10   | 4    |
|    | 25   | 37   | 8    | 16   | 21   | 34   | 20   | 16   |
| 19 | 1,91 | 1,87 | 1,96 | 1,79 | 1,85 | 1,93 | 1,90 | 1,88 |
|    | 3    | 3    | 4    | 12   | 19   | 12   | 17   | 28   |
|    | 37   | 22   | 14   | 26   | 31   | 16   | 20   | 29   |
| 20 | 2,62 | 2,48 | 2,54 | 2,67 | 2,53 | 2,66 | 2,57 | 2,60 |
|    | 3    | 4    | 3    | 6    | 3    | 13   | 10   | 8    |
|    | 31   | 20   | 10   | 16   | 6    | 21   | 14   | 10   |
| 21 | 3,53 | 3,49 | 3,55 | 3,50 | 3,51 | 3,49 | 3,51 | 3,54 |
|    | 2    | 2    | 2    | 3    | 9    | 14   | 26   | 13   |
|    | 26   | 24   | 12   | 7    | 18   | 21   | 32   | 14   |
| 22 | 4,00 | 3,98 | 3,87 | 4,10 | 4,21 | 3,95 | 3,17 | 3,90 |
|    | 1    | 1    | 4    | 4    | 10   | 9    | 4    | 7    |
|    | 19   | 11   | 17   | 9    | 14   | 12   | 6    | 8    |
| 23 | 4,76 | 4,68 | 4,71 | 4,80 | 4,72 | 4,70 | 4,75 | 4,69 |
|    | 1    | 3    | 6    | 7    | 13   | 10   | 10   | 6    |
|    | 24   | 32   | 27   | 17   | 22   | 14   | 12   | 7    |
| 24 | 5,12 | 5,10 | 5,17 | 4,98 | 5,11 | 4,95 | 5,00 | 5,07 |
|    | 2    | 4    | 7    | 5    | 14   | 10   | 26   | 25   |
|    | 32   | 19   | 21   | 11   | 26   | 15   | 34   | 27   |
| 25 | 5,77 | 5,70 | 5,69 | 5,83 | 5,80 | 5,74 | 5,66 | 5,75 |
|    | 3    | 4    | 12   | 20   | 9    | 15   | 24   | 35   |
|    | 30   | 20   | 40   | 50   | 20   | 30   | 40   | 50   |

## Додаток 4.1

| №<br>вар. | Напрацювання<br>до першої заміни<br>$\bar{x}_1$ , тис. км | Середньоквадра-<br>тичне відхилення<br>$\sigma$ , тис. км | Коефіцієнт відно-<br>влення ресурсу $\eta$ | Пробіг автомо-<br>біля $x$ , тис. км. |
|-----------|---|---|--|---------------------------------------|
| 1         | 75  | 30  | 0,5  | 110                                   |
| 2         | 83  | 46  | 0,8  | 143                                   |
| 3         | 66  | 37  | 0,56                                       | 162                                   |
| 4         | 83  | 54  | 0,47                                       | 178                                   |
| 5         | 59  | 33  | 0,66                                       | 137                                   |
| 6         | 92  | 25  | 0,89                                       | 146                                   |
| 7         | 100   | 69  | 0,73                                       | 154                                   |
| 8         | 113   | 74  | 0,82                                       | 171                                   |
| 9         | 126   | 82  | 0,88                                       | 185                                   |
| 10        | 90  | 71  | 0,65                                       | 116                                   |
| 11        | 45  | 22  | 0,77                                       | 124                                   |
| 12        | 61  | 44  | 0,81                                       | 135                                   |
| 13        | 97  | 60  | 0,89                                       | 148                                   |
| 14        | 100   | 15  | 0,73                                       | 151                                   |
| 15        | 112   | 21  | 0,85                                       | 166                                   |
| 16        | 129   | 18  | 0,9  | 172                                   |
| 17        | 131   | 25  | 0,68                                       | 187                                   |
| 18        | 139   | 14  | 0,79                                       | 179                                   |
| 19        | 119   | 20  | 0,82                                       | 164                                   |
| 20        | 140   | 33  | 0,92                                       | 190                                   |
| 21        | 160   | 21  | 0,84                                       | 205                                   |
| 22        | 100   | 10  | 0,9  | 134                                   |
| 23        | 117   | 19  | 0,65                                       | 161                                   |
| 24        | 121   | 26  | 0,73                                       | 179                                   |
| 25        | 144   | 44  | 0,64                                       | 197                                   |

## Додаток 4.2

|           |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $z$       | 0,0    | -0,1   | -0,2   | -0,3   | -0,4   | -0,5   | -0,6   | -0,7   | -0,8   | -0,9   |
| $\Phi(z)$ | 0,500  | 0,460  | 0,421  | 0,382  | 0,345  | 0,309  | 0,274  | 0,242  | 0,212  | 0,184  |
| $z$       | -1,0   | -1,1   | -1,2   | -1,3   | -1,4   | -1,5   | -1,6   | -1,7   | -1,8   | -1,9   |
| $\Phi(z)$ | 0,159  | 0,136  | 0,115  | 0,097  | 0,081  | 0,067  | 0,055  | 0,045  | 0,036  | 0,029  |
| $z$       | -2,0   | -2,1   | -2,2   | -2,3   | -2,4   | -2,5   | -2,6   | -2,7   | -2,8   | -2,9   |
| $\Phi(z)$ | 0,023  | 0,018  | 0,014  | 0,011  | 0,008  | 0,006  | 0,005  | 0,004  | 0,003  | 0,002  |
| $z$       | -3,0   | -3,1   | -3,2   | -3,3   | -3,4   | -3,5   | -3,6   | -3,7   | -3,8   | -3,9   |
| $\Phi(z)$ | 0,0013 | 0,0013 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 |
| $z$       | 0,0    | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    |
| $\Phi(z)$ | 0,500  | 0,540  | 0,579  | 0,618  | 0,655  | 0,691  | 0,726  | 0,758  | 0,788  | 0,816  |
| $z$       | 1,0    | 1,1    | 1,2    | 1,3    | 1,4    | 1,5    | 1,6    | 1,7    | 1,8    | 1,9    |
| $\Phi(z)$ | 0,841  | 0,864  | 0,885  | 0,903  | 0,919  | 0,933  | 0,945  | 0,955  | 0,964  | 0,971  |
| $z$       | 2,0    | 2,1    | 2,2    | 2,3    | 2,4    | 2,5    | 2,6    | 2,7    | 2,8    | 2,9    |
| $\Phi(z)$ | 0,977  | 0,982  | 0,986  | 0,989  | 0,992  | 0,994  | 0,995  | 0,996  | 0,997  | 0,998  |
| $z$       | 3,0    | 3,1    | 3,2    | 3,3    | 3,4    | 3,5    | 3,6    | 3,7    | 3,8    | 3,9    |
| $\Phi(z)$ | 0,9987 | 0,999  | 0,9993 | 0,9995 | 0,9997 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9999 | 0,9999 | 1,0000 |

## Додаток 4.3

|             |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| № вар       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 1- $\alpha$ | 0,78 | 0,92 | 0,81 | 0,97 | 0,79 | 0,94 | 0,8  | 0,93 |
| № вар       | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   |
| 1- $\alpha$ | 0,81 | 0,91 | 0,9  | 0,76 | 0,87 | 0,93 | 0,73 | 0,85 |
| № вар       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| 1- $\alpha$ | 0,76 | 0,85 | 0,96 | 0,78 | 0,92 | 0,84 | 0,77 | 0,96 |

## Додаток 5

| Варіант 1      |                |            | Варіант 2      |                |            | Варіант 3      |                |            | Варіант 4      |                |            |
|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|
| Номер експерта | Ресурс, тис.км |            | Номер експерта | Ресурс, тис.км |            | Номер експерта | Ресурс, тис.км |            | Номер експерта | Ресурс, тис.км |            |
|                | $L_{imin}$     | $L_{imax}$ |                | $L_{imin}$     | $L_{imax}$ |                | $L_{imin}$     | $L_{imax}$ |                | $L_{imin}$     | $L_{imax}$ |
| 1              | 2              | 3          | 4              | 5              | 6          | 7              | 8              | 9          | 10             | 11             | 12         |
| 1              | 12             | 13         | 1              | 24             | 26         | 1              | 30             | 38         | 1              | 14             | 16         |
| 2              | 18             | 20         | 2              | 27             | 30         | 2              | 25             | 27         | 2              | 17             | 22         |
| 3              | 24             | 28         | 3              | 22             | 28         | 3              | 27             | 33         | 3              | 12             | 15         |
| 4              | 16             | 20         | 4              | 30             | 37         | 4              | 24             | 25         | 4              | 11             | 12         |
| 5              | 19             | 23         | 5              | 19             | 20         | 5              | 32             | 36         | 5              | 19             | 21         |
| 6              | 10             | 17         | 6              | 20             | 24         | 6              | 26             | 30         | 6              | 20             | 25         |
| Варіант 5      |                |            | Варіант 6      |                |            | Варіант 7      |                |            | Варіант 8      |                |            |
| 1              | 44             | 47         | 1              | 23             | 25         | 1              | 39             | 40         | 1              | 63             | 66         |
| 2              | 48             | 54         | 2              | 30             | 33         | 2              | 40             | 45         | 2              | 60             | 61         |
| 3              | 39             | 41         | 3              | 25             | 29         | 3              | 46             | 50         | 3              | 67             | 68         |
| 4              | 37             | 43         | 4              | 22             | 23         | 4              | 48             | 49         | 4              | 64             | 66         |
| 5              | 40             | 41         | 5              | 35             | 41         | 5              | 25             | 26         | 5              | 59             | 65         |
| 6              | 46             | 50         | 6              | 27             | 29         | 6              | 39             | 47         | 6              | 38             | 42         |
| Варіант 9      |                |            | Варіант 10     |                |            | Варіант 11     |                |            | Варіант 12     |                |            |
| 1              | 20             | 21         | 1              | 11             | 12         | 1              | 75             | 76         | 1              | 50             | 51         |
| 2              | 25             | 30         | 2              | 17             | 19         | 2              | 71             | 72         | 2              | 55             | 58         |
| 1              | 2              | 3          | 4              | 5              | 6          | 7              | 8              | 9          | 10             | 11             | 12         |
| 3              | 30             | 36         | 3              | 14             | 20         | 3              | 68             | 69         | 3              | 49             | 54         |
| 4              | 23             | 29         | 4              | 16             | 26         | 4              | 65             | 66         | 4              | 46             | 50         |
| 5              | 26             | 27         | 5              | 10             | 12         | 5              | 70             | 78         | 5              | 53             | 56         |
| 6              | 21             | 23         | 6              | 13             | 18         | 6              | 73             | 83         | 6              | 50             | 55         |
| Варіант 13     |                |            | Варіант 14     |                |            | Варіант 15     |                |            | Варіант 16     |                |            |
| 1              | 35             | 39         | 1              | 23             | 24         | 1              | 37             | 43         | 1              | 52             | 55         |
| 2              | 40             | 47         | 2              | 26             | 27         | 2              | 33             | 37         | 2              | 54             | 55         |
| 3              | 43             | 44         | 3              | 29             | 35         | 3              | 31             | 32         | 3              | 51             | 55         |
| 4              | 32             | 38         | 4              | 21             | 22         | 4              | 28             | 36         | 4              | 63             | 72         |
| 5              | 37             | 40         | 5              | 32             | 33         | 5              | 39             | 44         | 5              | 58             | 66         |
| 6              | 30             | 33         | 6              | 22             | 28         | 6              | 40             | 41         | 6              | 55             | 66         |
| Варіант 17     |                |            | Варіант 18     |                |            | Варіант 19     |                |            | Варіант 20     |                |            |
| 1              | 10             | 11         | 1              | 43             | 44         | 1              | 100            | 105        | 1              | 45             | 46         |
| 2              | 18             | 25         | 2              | 47             | 52         | 2              | 111            | 117        | 2              | 43             | 44         |
| 3              | 14             | 15         | 3              | 45             | 47         | 3              | 106            | 110        | 3              | 37             | 38         |
| 4              | 17             | 19         | 4              | 49             | 51         | 4              | 104            | 105        | 4              | 39             | 40         |
| 5              | 23             | 24         | 5              | 37             | 39         | 5              | 115            | 118        | 5              | 33             | 35         |
| 6              | 15             | 16         | 6              | 33             | 39         | 6              | 120            | 122        | 6              | 45             | 49         |
| Варіант 21     |                |            | Варіант 22     |                |            | Варіант 23     |                |            | Варіант 24     |                |            |
| 1              | 2              | 3          | 4              | 5              | 6          | 7              | 8              | 9          | 10             | 11             | 12         |
| 1              | 60             | 61         | 1              | 25             | 29         | 1              | 78             | 80         | 1              | 83             | 89         |
| 2              | 62             | 64         | 2              | 23             | 27         | 2              | 73             | 75         | 2              | 81             | 89         |
| 3              | 53             | 56         | 3              | 28             | 35         | 3              | 67             | 68         | 3              | 85             | 89         |
| 4              | 57             | 60         | 4              | 22             | 28         | 4              | 69             | 73         | 4              | 84             | 89         |
| 5              | 59             | 62         | 5              | 29             | 32         | 5              | 71             | 75         | 5              | 79             | 80         |
| 6              | 68             | 77         | 6              | 33             | 37         | 6              | 72             | 74         | 6              | 80             | 81         |

## Додаток 6

| №<br>пп | Марка<br>автомобіля | $G_a$ , Н | $\psi$                        | $V_a$ ,<br>км/год | $i_\kappa$                     |
|---------|---------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1       | ГАЗ-52-03           | 54650     | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 10-60             | 4,48;4,48;3,09;1,71;1,71;1,0   |
| 2       | ГАЗ-53А             | 74000     | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 10-60             | 6,55;6,55;6,55;3,09;1,71;1,00  |
| 3       | ЗіЛ-130             | 105250    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 20-70             | 7,44;7,44;4,10;2,29;1,47;1,0   |
| 4       | ЗіЛ-133ГЯ           | 178350    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 20-70             | 7,82;7,82;4,03;2,50;1,53;1,0   |
| 5       | УРАЛ-377Н           | 149500    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 6,17;6,17;3,4;1,79;1,00;0,78   |
| 6       | КамАЗ-5320          | 153050    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 20-70             | 7,82;7,82;4,03;2,50;1,53;1,0   |
| 7       | КамАЗ-53212         | 184225    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 20-70             | 7,82;7,82;4,03;2,50;1,53;1,0   |
| 9       | УРАЛ-377Н           | 158800    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 7,44;7,44;4,10;2,29;1,47;1,0   |
| 10      | МАЗ-5335            | 152700    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 10-60             | 5,26;5,26;2,90;2,90;1,52;1,0   |
| 11      | МАЗ-53352           | 160000    | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 20-70             | 7,73;5,50;3,94;2,80;1,96;1,39  |
| 12      | МАЗ-5345            | 165000    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 5,50;3,94;2,80;1,96;1,39;1,0   |
| 13      | ЗіЛ-133ГЯ           | 180000    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 6,38;6,38;3,29;2,04;1,25;0,815 |
| 14      | КрАЗ-6510           | 225000    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 5,26;5,26;2,90;1,52;1,00;0,66  |
| 15      | ЗіЛ-131             | 119250    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 7,44;7,44;4,10;2,29;1,47;1,0   |
| 16      | УРАЛ-375Д           | 130250    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 6,17;6,17;3,4;1,79;1,00;0,78   |
| 17      | УРАЛ-4320           | 136650    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 5,61;5,61;2,89;1,64;1,0;0,723  |
| 18      | КрАЗ-260            | 220000    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 7,73;5,52;3,94;2,8;1,96;1,39   |
| 19      | МАЗ-53352           | 184225    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 7,82;7,82;4,03;2,50;1,53;1,0   |
| 20      | ГАЗ-53А             | 66000     | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 10-60             | 4,48;4,48;3,09;1,71;1,71;1,0   |
| 21      | ЗіЛ-130             | 117000    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 4,48;4,48;3,09;1,71;1,71;1,0   |
| 22      | КамАЗ-5320          | 165000    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 5,61;5,61;2,89;1,64;1,0;0,723  |
| 23      | ГАЗ-52-03           | 58800     | 0,05;0,04;0,03;0,3;0,02;0,02  | 10-60             | 6,17;6,17;3,4;1,79;1,00;0,78   |
| 24      | КамАЗ-53212         | 188900    | 0,06;0,05;0,04;0,3;0,03;0,02  | 10-60             | 7,73;5,52;3,94;2,8;1,96;1,39   |
| 25      | ЗіЛ-133ГЯ           | 200000    | 0,07;0,06;0,05;0,04;0,03;0,03 | 10-60             | 5,26;5,26;2,90;2,90;1,52;1,0   |

### **Список рекомендованої літератури**

1. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія : підручник. К. : Вища шк., 2007 с.
2. Марчук М.М. Технічна експлуатація автомобілів : навчальний посібник. Рівне, 1999. 194 с.
3. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Організація і управління : підручник. К. : Вища шк., 2004 с.
4. Егорова Н. Е., Мудуков А.С. Применение моделей и методов прогнозирования спроса на продукцию сферы услуг. М. : ЦЭМИ РАН, 2000. 54 с.
5. Управление автосервисом : учебное пособие / под. ред. Л. Б. Миротина. М. : Экзамен, 2004. 320 с.
6. Говорущенко Н. Я., Варфоломеев В.Н. Техническая кибернетика транспорта : учеб. пособие. Х. : ХДАДТУ, 2001. 271 с.
7. Чернета О. Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.070106 «Автомобільний транспорт» / Укл.: доц. Чернета О.Г., ст. вик. Авер'янов В.С., асис. Піддубний І.М., Дніпродзержинськ, ДДТУ. 2013. 35 с.